

DAUR ULANG AIR LIMBAH DOMESTIK KAPASITAS 0,9 M³ PER JAM MENGUNAKAN KOMBINASI REAKTOR BIOFILTER ANAEROB AEROB DAN PENGOLAHAN LANJUTAN

Wahyu Widayat

Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi TPSA, BPP Teknologi
Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat

Abstract

Water pollution in the big cities in Indonesia, especially in DKI Jakarta has shown serious problems. One of the potential sources of water pollution is domestic wastewater that is wastewater from kitchens, laundry, bathing and toilets. These problems have become more serious since the spreads of sewerage systems are still low, so that domestic, institutional and commercial wastewater cause severe water pollution in many rivers or shallow ground water. There are a number of ways to converse water resources, one of them is to treat domestic waste water by communal system and then it is continued by advance process for recycling of wastewater. In this paper, it will be discussed recycling of domestic wastewater by communal system that combine the biological system using anaerobic-aerobic biofilter reactor for removing organic pollutant in wastewater and the advance process consisting of oxidation process, filtration by manganese zeolite filter, filtration by rapid sand filter, filtration by carbon filter and disinfection by ultraviolet sterilisator. The sterilisator is improve quality of tread wastewater being clear water as an alternative for water use save.

Key words : Limbah, domestik, daur ulang, biofilter, pengolahan lanjutan

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Daya dukung lingkungan mikro untuk menerima beban pencemaran dari air limbah, baik itu rumah tangga/ domestik, industri besar dan kecil serta kawasan komersial sangat terbatas. Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk tiap tahunnya, bertambah pula kebutuhan air bersih dan akibatnya meningkat pula jumlah air limbah yang dihasilkan. Sehubungan dengan hal tersebut upaya penghematan dan manajemen pemakaian air bersih serta pengelolaan air limbah tersebut sangat mendesak untuk diaplikasikan.

Kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengolahan limbah cair manusia (limbah domestik) masih belum setara dengan kesadaran terhadap pentingnya air bersih. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya tingkat kepedulian masyarakat untuk mengurus air limbahnya sendiri. Kurangnya prasarana dan sarana pengolahan air limbah rumah tangga juga akan menjadi beban pendapatan masyarakat, karena munculnya biaya investasi, operasional, pemeliharaan dan pengelolaan pengolahan air limbah tersebut.

Sebagai akibat pencemaran lingkungan oleh limbah cair domestik terutama di kota-kota besar, khususnya di Jakarta telah menunjukkan gejala yang cukup mengkhawatirkan. Di berbagai tempat terutama di kota-kota besar banyak

masyarakatnya yang masih membuang air limbahnya ke sungai, laut atau badan air tanpa pengolahan (*treatment*) terlebih dahulu. Disadari atau tidak disadari, langsung maupun tidak langsung, masyarakat di kota-kota besar seperti di Jakarta berperan sebagai penyumbang pencemaran air, yaitu akibat dari air buangan hasil aktivitas rumah tangga/domestik seperti mandi, cuci dan kakus yang jumlahnya semakin besar seiring dengan perkembangan jumlah penduduk dan perkembangan kota Jakarta. Rendahnya kesadaran sebagian masyarakat mengenai pencemaran lingkungan, seperti membuang kotoran/tinja langsung ke badan air, maupun sampah ke dalam sungai menyebabkan meningkatnya pencemaran badan air dan sungai-sungai yang ada di Jakarta

Di beberapa kota besar di Indonesia telah dibangun instalasi pengolahan limbah berbasis masyarakat (IPLBM), secara teknis instalasi ini merupakan pengaliran limbah cair dari rumah-rumah melalui saluran perpipaan dangkal (*shallow sewer*) yang dirangkai dengan tangki septik komunal dengan ukuran besar dan kolam (*lagoon*) sebagai instalasi pengolah air limbah, namun masih banyak kendala yang dihadapi sejalan dengan meningkatnya laju perkembangan penduduk dan industrialisasi di kota-kota besar termasuk Jakarta, sebagai akibatnya instalasi pengolahan air limbah tidak mampu lagi untuk mengolah sesuai standar disain dan pada akhirnya terjadinya penurunan kualitas lingkungan pada daerah tersebut.

Kepedulian masyarakat dan pemerintah dinilai masih rendah terhadap peranan penyehatan lingkungan dalam mendukung kualitas lingkungan sehingga menyebabkan rendahnya cakupan pelayanan pengelolaan air bersih dan air limbah tersebut. Kondisi ini antara lain tercermin pada pelayanan pengolahan air limbah terpusat di beberapa kota besar yang masih menghadapi kendala dalam pengelolaannya. Hal ini terkait dengan kesediaan membayar (*willingness to pay*) dari masyarakat terhadap pelayanan pengolahan air bersih dan air limbah, masih rendahnya kualitas pengelolaan prasarana sarana air bersih dan air limbah. Kondisi yang sama terjadi pada masyarakat pedesaan dengan jamban (*sanitasi dasar*) yang mereka miliki dan menganggap bahwa kebutuhan sanitasi dasar sebagai hal yang merepotkan. Hal ini disebabkan oleh ketidaktahuan mereka terhadap pentingnya hidup bersih dan sehat, yang tercermin dari perilaku masyarakat yang hingga sekarang masih banyak yang buang air besar di sungai, kebun, sawah bahkan di sembarang tempat⁵⁾.

Menurut hasil penelitian Tim JICA (1990) pemakaian air bersih per orang per hari rata-rata 120-150 liter dan jumlah air limbah dari buangan rumah tangga (domestik) di Jakarta rata-rata 118 liter per orang per hari, dengan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) rata-rata 236 mg/lit dan pada tahun 2010 nanti diperkirakan akan meningkat menjadi 147 liter dengan konsentrasi BOD rata-rata 224 mg/lit. Jumlah air limbah secara keseluruhan 1.316.113 m³/hari, dimana air buangan (*limbah cair*) domestik 987.084 m³/hari, limbah perkantoran atau daerah komersial 197.416 m³/hari, dan limbah industri 131.611 m³/hari. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa jumlah air limbah rumah tangga (*domestik*) di wilayah Jakarta memberikan kontribusi terhadap pencemaran air sekitar 75 %, air limbah dari perkantoran dan daerah komersial 15 %, dan air limbah industri sekitar 10 %. Dari hasil penelitian tersebut apabila dilihat dari beban polutan organiknya, air limbah rumah tangga memberikan kontribusi sekitar 70 %, air limbah perkantoran 14 %, dan air limbah industri memberikan kontribusi 16 %. Dilihat dari data tersebut air limbah rumah tangga dan air limbah perkantoran termasuk di dalamnya hotel dan restoran, adalah penyumbang terbesar terhadap pencemaran air yang ada di wilayah DKI Jakarta¹⁾.

Fasilitas pengolahan air limbah domestik secara individual banyak yang belum memenuhi persyaratan, terutama daerah padat penduduk, karena keterbatasan pengetahuan mengenai pengelolaan lingkungan dan keterbatasan lahan untuk pembuatan pengolahan air limbah, sehingga sebagian besar penduduknya

membuang limbah rumah tangga langsung ke saluran pembuangan tanpa pengolahan. Fasilitas pengolahan limbah rumah tangga secara komunal/ terpusat masih sangat minim sekali, jauh dari kapasitas yang dibutuhkan, yaitu hanya mampu melayani 3 % dari seluruh wilayah Jakarta¹⁾. Sebagai akibatnya, banyak sungai atau badan air di wilayah DKI Jakarta tercemar berat oleh air limbah yang berasal dari rumah tangga, perkantoran maupun daerah komersial.

Terkait dengan upaya menyelamatkan kelestarian sumber daya air maka diperlukan upaya strategi terpadu untuk meningkatkan kualitas lingkungan, antara lain melalui perlindungan kawasan penyangga mata air, rehabilitasi tangkapan air, pengurangan eksploitasi air tanah, dan peningkatan pengelolaan air limbah termasuk di dalamnya daur ulang limbah. Ada beberapa cara pengelolaan air limbah khususnya untuk limbah rumah tangga dalam rangka mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan krisis air bersih, salah satunya adalah dengan cara mengolah air limbah rumah tangga tersebut secara komunal dan kemudian dilanjutkan dengan pengolahan lanjutan untuk daur ulang air limbah.

Dalam makalah ini dibahas tentang daur ulang air limbah rumah tangga secara komunal dengan menggabungkan sistem biologis menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob untuk menghilangkan polutan organik yang ada di dalam air limbah dan pengolahan lanjutan yang terdiri dari proses oksidasi, penyaringan dengan saringan pasir cepat, penyaringan dengan saringan mangan zeolit, penyaringan dengan saringan karbon aktif dilanjutkan desinfeksi dengan sterilisator ultraviolet untuk meningkatkan kualitas hasil pengolahan air limbah menjadi air bersih sebagai alternatif penghematan pemakaian air bersih.

1.2. Tujuan dan sasaran

Tujuan kegiatan ini adalah penghematan pemakaian air bersih melalui proses daur ulang air limbah rumah tangga/domestik dan menyelamatkan lingkungan dari pencemaran air limbah rumah tangga dengan menerapkan proses pengolahan air limbah rumah tangga secara komunal dengan sistem biologis menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob dilanjutkan dengan proses pengolahan lanjutan yang terdiri dari proses oksidasi, penyaringan dengan saringan pasir cepat, saringan mangan zeolit, saringan karbon aktif yang dilanjutkan desinfeksi dengan sterilisator ultraviolet untuk menghasilkan air bersih.

Sasaran dari kegiatan ini adalah membuat prototipe daur ulang air limbah rumah tangga secara komunal dengan sistem biologis

menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob dan pengolahan lanjutan dalam bentuk paket yang kompak, sehingga air hasil olahan dapat dipakai sebagai air bersih untuk keperluan siram tanaman, toilet dan cuci kendaraan. Instalasi ini sangat cocok untuk daerah padat penduduk maupun daerah yang muka air tanahnya tinggi misalnya daerah-daerah rawa atau sekitar pantai.

2. Tinjauan Pustaka

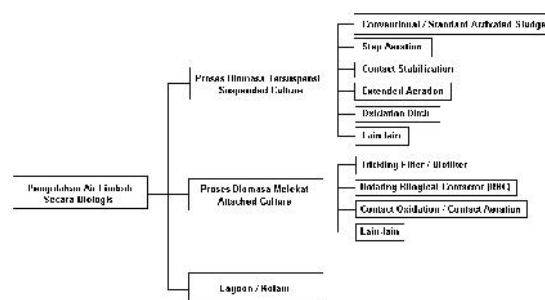
2.1. Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari air buangan rumah tangga termasuk hotel, losmen, rumah sakit, apartemen, pasar, perkantoran, sekolah, fasilitas sosial serta daerah komersial. Air limbah domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik cukup tinggi. Salah satu contoh karakteristik air limbah domestik dapat dilihat pada lampiran Tabel 1. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa konsentrasi parameter senyawa pencemar sangat bervariasi, hal ini tergantung pada jenis sumber air limbahnya²⁾.

2.2. Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

Proses pengolahan air limbah dengan tujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air dengan memanfaatkan aktifitas mikro-organisme biasa disebut dengan proses biologis. Proses pengolahan air limbah secara biologis merupakan suatu proses biokimia yang dapat berlangsung dalam dua lingkungan, yaitu lingkungan anaerob (tanpa udara) dan aerob (dengan udara). Kondisi aerob, yaitu kondisi dimana kandungan oksigen terlarut (DO) di dalam air cukup besar, sehingga keberadaan oksigen merupakan faktor pembatas. Sedangkan kondisi anaerob merupakan kebalikan dari kondisi aerob, dimana pada kondisi ini kandungan oksigen terlarut sangat rendah atau dapat dikatakan tidak terdapat oksigen. Proses biologis aerob biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi.

Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga³⁾, (gambar 1): yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem kolam (*lagoon*).



Gambar 1. Klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan polutan yang ada dalam air limbah, dimana mikroorganisme yang ada dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain: proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standart activated sludge*), step aeration, contact stabilization, extended aeration, contact stabilization, extended aeration, kolam oksidasi sistem parit (*oxidation ditch*)³⁾.

Proses pengolahan air limbah dengan sistem lagoon adalah dengan cara menampung air limbah dalam suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga mikroorganisme dibiarkan tumbuh secara alami dan senyawa polutan yang ada di dalam air akan terurai. Untuk mempercepat penguraian senyawa polutan atau untuk memperpendek waktu tinggal dapat ditambahkan proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*)³⁾.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan melekat adalah proses dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tumbuh dan melekat pada permukaan media. Contoh pengolahan air limbah dengan sistem biologis melekat adalah; *trickling filter* atau yang disebut dengan biofilter, reaktor kontak biologis putar (*rotating biological contactor: RBC*), aerasi kontak (*contact aeration/oxidation*)³⁾.

2.3. Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Reaktor Biofilter Anaerob-Aerob

Pengolahan air limbah rumah tangga/ domestik dengan reaktor biofilter anaerob-aerob ini merupakan pengembangan dari proses proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan air limbah dengan reaktor biofilter anaerob-aerob terdiri dari beberapa bagian yakni bak pengendap awal, biofilter

anaerob, biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaktor khlor.

Limbah rumah tangga/ domestik bersumber dari air mandi cuci dari dapur. Air limbah rumah tangga yang berasal dari dapur biasanya banyak membawa sampah atau sisa makanan/masakan, sehingga sampah yang berukuran besar seperti potongan sayur, daun, karet, kertas, atau plastik dan lain-lain yang terbawa oleh air limbah rumah tangga dipisahkan di bak pengumpul air limbah yang dilengkapi dengan saringan kasar (*bar screen*). Sampah padat tersebut dibersihkan secara periodik dan karena tergolong sampah rumah tangga sehingga dapat dibuang di tempat sampah. Air limbah dari bak pengumpul yang telah bebas dari sampah tersebut dialirkan ke bak pengendap awal, dengan tujuan untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya yang masih lolos dari saringan kasar. Bak pengendap awal selain berfungsi sebagai bak pengendap, juga berfungsi sebagai bak pengontrol laju alir (*debit*), serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung endapan (lumpur).

Endapan lumpur terpisah pada bak pengendap awal dan air luapan yang berasal dari bak pengendap awal dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah selanjutnya dari bawah ke atas. Bak kontaktor anaerob diisi dengan media biakan bakteri. Media dapat digunakan bahan dari bambu yang dipotong-potong menyerupai cincin, kerikil, batu split, plastik, PVC, dan lain-lain. Terkait dengan biaya investasi, operasional dan perawatan dipilih media biakan bakteri dengan bahan yang ringan, kuat dan tipis serta area permukaan kontak luas, yaitu menggunakan lembaran PVC yang dibentuk segi enam menyerupai sarang lebah. Jumlah bak kontaktor anaerob ini disesuaikan dengan kebutuhan, kualitas dan jumlah air limbah yang akan diolah.

Setelah lima hari reaktor biofilter anaerob-aerob beroperasi, pada permukaan media akan tumbuh lapisan film mikro-organisme (*bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik*). Mikro-organisme inilah yang berperan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap. Air luapan dari biofilter anaerob dialirkan ke biofilter aerob, yang diisi dengan media biakan bakteri. Di dalam biofilter aerob ini dihembuskan udara (*aerasi*) sehingga mikro organisme aerobik yang ada akan tumbuh dan menempel pada permukaan media serta menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah. Air limbah yang melewati media biakan tersebut akan kontak dengan mikro-organisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media. Proses

alamiah tersebut mampu meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta memacu proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan ammonia meningkat. Proses penguraian semacam ini sering di namakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Air luapan dari biofilter aerob dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak pengendap akhir lumpur aktif yang masih mengandung massa mikro-organisme diendapkan dan sebagian dipompa kembali ke bagian pemasukan biofilter aerob dengan menggunakan pompa sirkulasi lumpur. Mikroorganisme patogen yang terikut pada air luapan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak khlorinasi ini air limbah hasil pengolahan dikontakkan dengan senyawa khlor (*khlorinasi*). Hasil pengolahan akhir sudah bebas dari mikro-organisme patogen dan selanjutnya melalui proses lanjutan diolah menjadi air bersih (daur ulang air limbah).

Adanya air limbah yang melalui media biakan bakteri mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti media yang biasa disebut juga *biological film*. zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap awal akan mengalami proses penguraian secara biologis pada lapisan lendir ini. Efisiensi reaktor biofilter anaerob-aerob ini sangat tergantung pada luas kontak antara air limbah dengan mikro-organisme yang menempel pada permukaan media biofilter tersebut. Semakin luas bidang kontak, efisiensi penurunan konsentrasi zat organik (BOD) makin besar. Selain itu biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melewati media ini, sehingga suspended solid dan bakteri *E. coli* yang terdapat dalam air limbah akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan semakin besar dengan adanya penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas (*biofilter up flow*), yaitu akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan, sehingga partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap pada dasar bak biofilter.

Reaktor biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana bisa menggunakan konstruksi beton, bata atau fiber, operasionalnya sangat mudah, tidak menggunakan proses kimia dan sedikit membutuhkan energi, sehingga proses ini sangat tepat digunakan untuk mengolah air limbah rumah tangga dengan kapasitas medium. Pengolahan air limbah rumah tangga secara komunal dengan reaktor biofilter anaerob-aerob, selain mampu menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, sistem ini dapat juga mampu mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi atau *suspended solids* (SS), deterjen (MBAS), ammonium dan posphor. Efisiensi penghilangan senyawa phospor ini lebih besar

bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada dalam kondisi anaerob, senyawa fosfor anorganik yang ada di dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar, sebagai hasil hidrolisa senyawa fosfor, sedangkan energi timbul dimanfaatkan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang terkandung dalam air limbah.

Efisiensi pengurangan atau penghilangan BOD akan optimum apabila perbandingan antara BOD dan fosfor (P) lebih besar 10⁴). Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfor terlarut akan diserap oleh bakteri atau mikro-organisme, selanjutnya akan disintesa menjadi polyphosphat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik (BOD). Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang cukup besar. Dengan demikian pengolahan air limbah rumah tangga/domestik dengan reaktor biofilter anaerob-aerob dapat menghilangkan BOD maupun fosfor dengan baik.

2.4. Keunggulan Reaktor Biofilter Anaerob-Aerob

Beberapa keunggulan reaktor biofilter anaerob-aerob untuk pengolahan air limbah rumah tangga/ domestik antara lain :

- Mampu mengolah air limbah rumah tangga/ domestik dengan beban BOD yang cukup besar.
- Mampu mengurangi padatan tersuspensi (*Suspended Solid*; SS) dengan baik.
- Dapat menurunkan konsentrasi senyawa-senyawa nitrogen dan fosfor, yang dapat menyebabkan eutropikasi.
- Lumpur yang dihasilkan relatif lebih sedikit dibandingkan dengan proses lumpur aktif.
- Pengelolaannya sangat mudah.
- Suplai udara untuk aerasi relatif kecil.
- Tanpa bahan kimia pada proses pengolahan.
- Hemat energi sehingga biaya operasionalnya rendah.
- Kualitas air hasil olahan sangat baik dan stabil sehingga memungkinkan untuk di daur ulang sebagai air bersih.

2.5. Daur Ulang Air Limbah

Air limbah rumah tangga/ domestik (air bekas untuk keperluan mandi, cuci dan toilet) yang berasal dari beberapa rumah dikumpulkan dalam bak pengumpul air limbah (equalisasi) melalui saluran air limbah. Air limbah yang sudah terkumpul dalam bak pengumpul air limbah dialirkan ke reaktor biofilter anaerob-aerob.

Secara umum kualitas air hasil pengolahan air limbah rumah tangga secara biologis dengan reaktor biofilter anaerob-aerob sudah jernih dan memenuhi persyaratan untuk di buang ke saluran umum. Secara teknis air hasil pengolahan air limbah rumah tangga dengan sistem tersebut dapat ditingkatkan kualitasnya menjadi air bersih melalui proses lanjutan yang terdiri dari proses oksidasi, penyaringan dengan saringan pasir cepat, penyaringan dengan saringan mangan zeolit, penyaringan dengan saringan karbon aktif dilanjutkan desinfeksi dengan sterilisator ultraviolet. Alur pengumpulan, pengolahan dan daur ulang air limbah rumah tangga seperti ditunjukkan pada gambar 2.

Air hasil pengolahan limbah rumah tangga ditampung dalam bak antara selanjutnya dipompa dengan menggunakan pompa semi jet, sambil diinjeksi dengan larutan kaporit atau kalium permanganat, selanjutnya dialirkan ke tangki reaktor untuk menyempurnakan reaksi. Dari tangki reaktor air dialirkan ke saringan pasir cepat untuk menyaring oksida besi, mangan dan logam-logam valensi II yang terbentuk di dalam tangki reaktor. Setelah disaring dengan saringan pasir, air dialirkan ke filter mangan zeolit untuk menghilangkan zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi oleh khlorine atau kaporit.

Dari filter mangan zeolit air selanjutnya dialirkan ke filter karbon aktif untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol, logam berat dan lain-lain. Setelah melalui filter karbon aktif air dialirkan ke filter cartridge ukuran 0,5 mikron untuk menghilangkan sisa partikel padatan yang ada di dalam air, sehingga air menjadi benar-benar jernih dan memenuhi persyaratan sebagai air bersih. Proses daur ulang limbah rumah tangga dapat dilihat pada gambar 3. Untuk menjamin air produk bebas dari bakteri dan mikroorganisme lain air dialirkan ke sterilisator ultra violet yang pasang setelah filter cartridge dan selanjutnya di tampung di dalam bak air bersih.

3. RANCANG BANGUN

3.1. Instalasi Pengolahan Air Limbah

3.1.1. Kapasitas Reaktor

Air limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan rumah tangga sekitar 120-150 liter perorang per hari (penelitian JICA 1990). Reaktor biofilter anaerob-aerob ini dirancang untuk dapat mengolah air limbah rumah tangga sebanyak 3 m³/hari, yang dapat melayani 5 rumah tangga atau sekitar 20-25 orang.

3.1.2. Bentuk dan Prototipe Reaktor

Reaktor biofilter anaerob-aerob ini dapat dibuat dari bahan beton bertulang, bata, plat besi dan fiber glass (FRP). Untuk skala kecil penggunaan bahan dari beton atau pasangan bata sangat menyulitkan dalam pengerjaannya, sehingga reaktor biofilter dengan kapasitas 3 m³/hari dibuat dengan bahan FRP dengan bentuk yang kompak. Ukuran reaktor biofilter, yaitu panjang 310 cm, lebar 100 cm dan tinggi 220 cm. Reaktor langsung dapat diletakkan di atas tanah atau ditanam sebagian atau seluruhnya tergantung dari kondisi lahan setempat.

Rancangan prototipe reaktor biofilter anaerob dan aerob dapat dilihat pada gambar 4 sedangkan bentuk reaktor biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada gambar 5 dan aplikasinya seperti terlihat pada gambar 6 dan 7. Ruangan di dalam reaktor tersebut dibagi menjadi lima ruangan yakni ruangan pertama pengendapan awal, ruangan kedua dan ketiga biofilter anaerob, ruangan empat biofilter aerob dan ruangan ke lima pengendapan akhir. Media yang digunakan untuk biofilter ini adalah dari bahan PVC sheet yang dirangkai dengan struktur segi enam menyerupai sarang tawon. Air limbah yang ada di dalam ruangan pengendapan akhir sebagian disirkulasi ke ruangan anaerob dengan menggunakan pompa sirkulasi.

3.1.3. Waktu Tinggal

A. Ruang Pengendap Awal

$$\begin{aligned}\text{Debit air limbah (Q)} &= 3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 125 \text{ lt/jam} \\ &= 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Vol. (V}_{e1}) &= 1,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\ &= 0,96 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu tinggal (T}_1) &= \mathbf{V}_{e1} / \mathbf{Q} \\ &= 0,96 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 7,68 \text{ jam}\end{aligned}$$

B. Ruang Biofilter Anaerob

$$\begin{aligned}\text{Vol efektif (V}_{e2}) &= 1,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \\ &= 1,92 \text{ m}^3 \\ \text{Vol total media V}_{t2}) &= 2 \times [1,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}] \\ &= 1,44 \text{ m}^3 \\ \text{Porositas Media} &= 0,98 \\ \text{Vol media tanpa rongga} &= 0,02 \times 1,44 \text{ m}^3 \\ &= 0,029 \text{ m}^3 \\ \text{Total vol rongga dalam media} &= 0,98 \times 1,44 \text{ m}^3 \\ &= 1,411 \text{ m}^3 \\ \text{Vol efektif air di ruang anaerob} &= 1,92 \text{ m}^3 - 0,029 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 1,891 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu tinggal di ruang anaerob (T}_2) &= \mathbf{V}_{e2} / \mathbf{Q} \\ &= 1,891 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 15,128 \text{ jam} \\ \text{Waktu kontak di media anaerob} &= 1,411 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 11,29 \text{ jam}\end{aligned}$$

C. Ruang Aerob

$$\begin{aligned}\text{Vol Efektif (V}_{e3}) &= 1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \\ &= 1,05 \text{ m}^3 \\ \text{Vol unggun media} &= 1,1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,66 \text{ m}^3 \\ \text{Porositas Medium} &= 0,98 \\ \text{Volume Rongga} &= 0,98 \times 0,66 \text{ m}^3 \\ &= 0,647 \text{ m}^3 \\ \text{Vol media tanpa rongga} &= 0,66 \text{ m}^3 - 0,647 \text{ m}^3 \\ &= 0,013 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu Tinggal Total di ruang aerob (T}_3) &= [1,05 - 0,013] \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3 \\ &= 8,296 \text{ jam} \\ \text{Waktu Kontak di media aerob} &= 0,647 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 5,176 \text{ jam}\end{aligned}$$

D. Ruangan Pengendapan Akhir

$$\begin{aligned}\text{Vol Efektif (V}_{e4}) &= 1,5 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,9 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu Tinggal (T}_4) &= 0,9 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 7,2 \text{ jam} \\ \text{Waktu Tinggal Total} &= [T_1 + T_2 + T_3 + T_4] \\ &= [7,68 + 15,13 + 8,3 + 7,2] \\ &= 29,44 \text{ jam}\end{aligned}$$

3.1.4. Tabung khlorinasi

Reaktor biofilter anaerob-aerob dilengkapi dengan tabung khlorinasi (*tabung kontaktor khlorine*). Fungsi tabung khlorinasi adalah untuk tempat mengkontakan senyawa khlor dengan air hasil olahan. Air limbah rumah tangga/ domestik yang telah diolah, sebelum masuk ke bak penampung antara dikontakkan dengan khlorine dengan tujuan membunuh mikroorganisme patogen yang masih terdapat di dalam air hasil pengolahan. Senyawa khlor yang digunakan adalah kaporit, dalam bentuk tablet.

Tabung khlorinasi dibuat dari bahan pipa PVC dengan diameter 10 inch dan panjang 65 Cm, yang dibagi menjadi dua ruangan, yaitu ruang stabilisasi dan ruang kontaktor. Tabung khlorinasi diterapkan atau disambungkan pada pipa pengeluaran air olahan dari reaktor biofilter anaerob-aerob.

3.2. Instalasi Daur Ulang Air Limbah

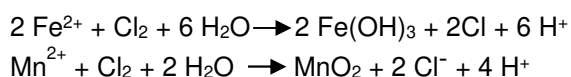
Air limbah yang telah diolah dengan proses biologis menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob kualitasnya hanya sampai memenuhi syarat untuk dibuang ke saluran umum sesuai dengan standar yang berlaku. Jika akan ditingkatkan kualitasnya untuk keperluan daur ulang (sebagai air bersih untuk keperluan siram tanaman, toilet dan cuci kendaraan) maka harus diolah lebih lanjut. Pengolahan lanjutan dapat dilihat pada gambar 8.

Air limbah hasil olahan dari reaktor biofilter anaerob-aerob ditampung di dalam bak penampung air olahan. Selanjutnya air dipompa ke dalam tangki reaktor oksidasi sambil diinjeksi dengan larutan KMnO_4 . Fungsi pembubuhan larutan KMnO_4 atau khlor adalah untuk mengoksidasi zat organik, besi dan mangan serta untuk proses disinfeksi awal. Dari tangki reaktor oksidasi air limbah yang telah bercampur dengan kalium permanganat atau khlor dialirkan ke saringan pasir cepat yakni filter yang diisi dengan media pasir silika dengan ukuran bertingkat.

Fungsi saringan pasir cepat ini adalah untuk menyaring partikel padatan serta senyawa oksida besi atau. Dari saringan pasir cepat air dialirkan ke saringan mangan zeolit untuk menyaring zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi di dalam tangki reaktor. Dari filter mangan zeolit air dilairkan ke saringan karbon aktif untuk menghilangkan bau serta mengadsorb zat organik yang masih ada. Selanjutnya air dilairkan hasil olahan ditampung dalam bak air bersih. Air yang telah diolah dengan peralatan proses daur ulang dapat digunakan untuk siram tanaman dan toilet serta cuci kendaraan. Instalasi daur ulang air limbah rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 9.

A. Oksidasi dengan Larutan Kaporit

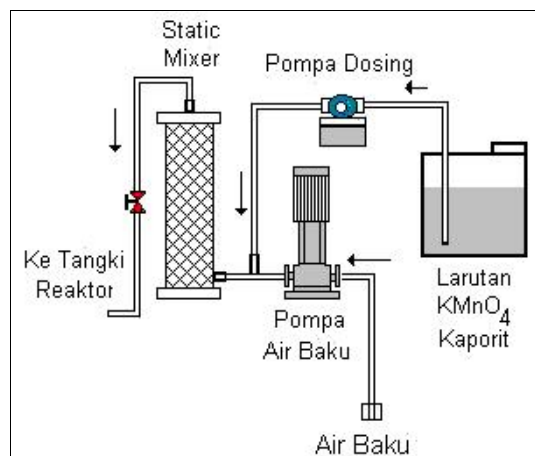
Injeksi larutan kaporit bertujuan untuk mengoksidasi zat besi atau mangan dan logam-logam valensi II lainnya yang ada di dalam air hasil pengolahan air limbah domestik, selain itu juga berfungsi untuk membunuh kuman atau bakteri coli. Reaksi oksidasi besi atau mangan oleh khlorine atau kaporit adalah sebagai berikut:



Khlorine, Cl_2 dan ion hipokhlorit, $(\text{OCl})^-$ adalah merupakan bahan oksidator yang kuat sehingga meskipun pada kondisi pH rendah dan oksigen terlarut sedikit, namun proses oksidasi dapat berlangsung dengan cepat. Reaksi diatas menunjukkan, bahwa untuk mengoksidasi 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,64 mg/l khlorine dan setiap

1 mg/l mangan dibutuhkan 1,29 mg/l khlorine. Pada kenyataanya, pemakaian khlorine ini lebih besar dari kebutuhan teoritis, hal ini disebabkan karena adanya reaksi-reaksi samping yang mengikutinya serta dipengaruhi dari kemurnian bahan oksidator itu sendiri.

Dosing pump sangat diperlukan dalam proses ini untuk menjamin akurasi dosis oksidator. Kebutuhan bahan oksidator tersebut relatif sedikit sehingga dapat dipilih pompa dosing dengan kapasitas maksimum sekitar 4,7 liter per jam. Dosis disesuaikan dengan laju injeksi yang diatur dengan cara menyesuaikan jumlah stroke yang ada pada pompa dosing. Konsentrasi oksidator yang masuk ke static mixer dan tangki reaktor diatur kira-kira 0,1 ppm. Injeksi bahan oksidator (khlorine/mangan) dapat dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema injeksi larutan oksidator



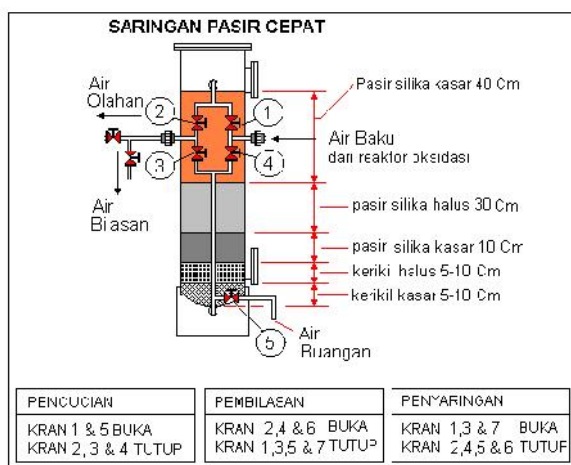
Gambar 2. Static mixer (cross flow)

Pengadukan atau pencampuran cepat dilakukan di dalam static mixer dengan aliran cross flow (gambar 2) dan pengadukan lambat serta proses oksidasi berlangsung di dalam reaktor oksidasi.

B. Saringan Pasir Cepat

Setelah proses oksidasi pada tangki reaktor air dialirkan ke saringan pasir cepat yang diisi dengan pasir silika halus dan pasir silika kasar. Pasir silika berfungsi untuk menyaring padatan yang ada di dalam air serta oksida besi atau oksida mangan yang terbentuk di dalam tangki reaktor oksidasi. Bahan media terdiri dari batu kerikil kasar, kerikil halus, pasir silika kasar dan pasir silika halus. Skema susunan media yang ada di dalam saringan npasir cepat dan cara pengoperasian ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

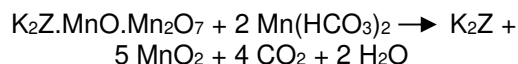
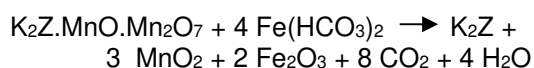
- kerikil kasar = 5 – 10 cm
- kerikil halus = 5 – 10 cm
- pasir silika kasa = 10 cm
- pasir silika halus = 30 cm
- pasir silika kasar = 40 cm



Gambar 3. Susunan dan cara pengoperasian saringan pasir cepat

C. Saringan Mangan Zeolit

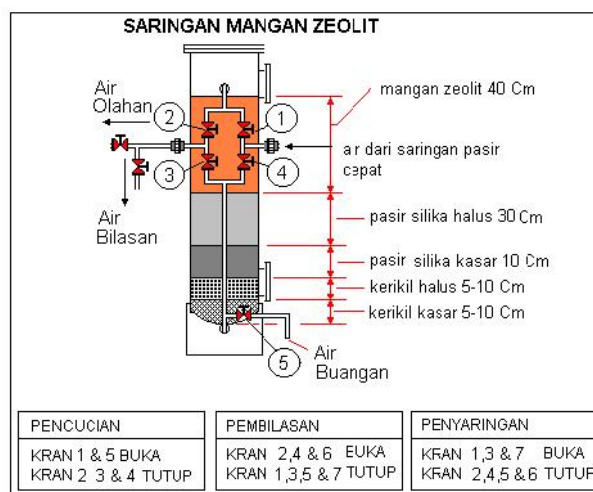
Setelah proses oksidasi pada tangki reaktor air dialirkan ke filter multi media yang diisi dengan pasir silika dan mangan zeolit. Pasir silika berfungsi untuk menyaring padatan yang ada di dalam air serta oksida besi atau oksida mangan yang masih lolos pada saringan pasir cepat, sedangkan mangan zeolit berfungsi menghilangkan zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi oleh khlorine atau kaporit. Mangan Zeolit juga berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangandioksida yang tak larut dalam air. Reaksi :



Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolite tidak sama dengan proses pertukaran ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Filtrat yang terjadi mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya menjadi jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan Kaliumpermanganat ke dalam mangan zeolite yang telah jenuh tersebut sehingga akan terbentuk lagi mangan zeolite ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$).

Bahan media terdiri dari batu kerikil kasar, kerikil halus, pasir silika kasar, pasir silika halus dan mangan zeolit. Skema susunan media yang ada di dalam saringan mangan zeolit dan cara pengoperasian ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- kerikil kasar = 5 – 10 cm
- kerikil halus = 5 – 10 cm
- pasir silika kasa = 10 cm
- pasir silika halus = 30 cm
- mangan zeolit = 40 cm



Gambar 4. Susunan dan cara pengoperasian saringan mangan zeolit

D. Saringan Karbon Aktif

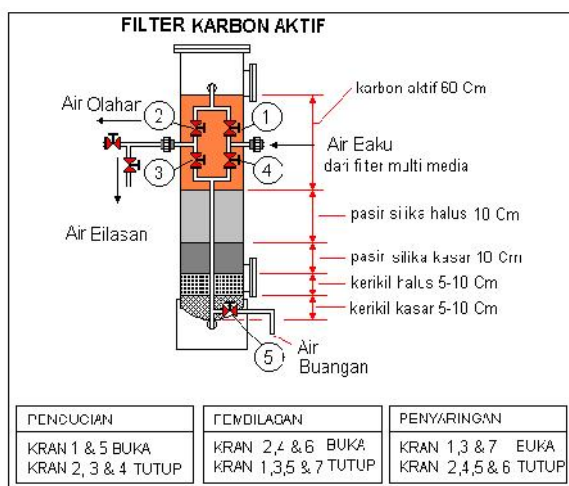
Karbon aktif merupakan bahan alam, biasanya terbuat dari arang tempurung kelapa yang telah diaktivasi menggunakan uap air bertekanan (steam) dan bahan aditif lainnya untuk meningkatkan daya adsorpsi. Karbon aktif ada dua macam yaitu karbon aktif bubuk dan

karbon aktif granular. Karbon aktif yang digunakan untuk filter karbon aktif berbentuk granular dengan ukuran granular antara 2-4 mm. Saringan karbon aktif ini berfungsi untuk menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain.

Saringan karbon aktif biasanya dilengkapi dengan screen pada bagian atas untuk menghindari bergolaknya media karbon aktif akibat aliran air. Di dalam filter ini terjadi proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini arang aktif telah jenuh sehingga harus diganti dengan arang aktif yang baru. Ada metode untuk pengaktifan karbon aktif yang telah jenuh namun kurang efektif dan kurang efisien, karena biaya regenerasi mendekati biaya penggantian karbon aktif baru.

Skema susunan media dan cara pengoperasian filter karbon aktif ditunjukkan seperti pada Gambar 5. Susunan media dari bawah ke atas adalah sebagai berikut :

- kerikil kasar = 5-10 cm
- kerikil halus = 5 - 10 cm
- pasir silika kasar = 10 cm
- pasir silika halus = 10 cm
- karbon aktif = 60 cm



Gambar 5. Susunan dan cara pengoperasian filter karbon aktif

E. Cartridge Filter

Saringan skala mikron (*cartridge filter*) ini dapat menyaring padatan atau kekeruhan sampai ukuran 0,1 mikron. Dengan demikian air yang keluar dari cartridge filter ini sudah sangat jernih. Air baku yang telah melewati proses oksidasi, penyaringan di filter karbon aktif dan

penyaringan di filter penukar ion, kemungkinan masih membawa kekeruhan yang berasal dari media itu sendiri, sehingga diperlukan filter dengan skala mikro yaitu cartridge filter (Gambar 6) dan hasilnya sebagai air bersih ditampung dalam tangki air bersih. Saat ini terdapat berbagai macam jenis pilihan pengolahan lanjutan tingkat dua yaitu setelah melakukan filtrasi dengan cartridge filter, diantaranya yaitu unit ultra filtrasi & unit reverse osmosis, atau langsung menggunakan ultraviolet sebagai desinfeksi sehingga air bersih hasil olahan sudah layak untuk diminum.

Apabila cartridge filter telah kotor ditandai dengan bercak kotoran pada cartridge dan tekanan pompa naik, cartridge filter segera diganti dengan yang baru. Penggantian cartridge filter untuk masing-masing plant berbeda-beda, namun rata-rata pemakaian diganti dalam interval waktu 14 hari.



Gambar 6. Cartridge filter

F. Sterilisator Ultraviolet

Air yang telah melewati cartridge filter, selanjutnya air dialirkan ke sterilisator ultra violet agar seluruh bakteri atau mikroorganisme yang ada di dalam air dapat dibunuh secara sempurna. Pengolahan air dengan ultraviolet menggunakan sinar ultraviolet yang diperoleh dari sinar ultraviolet. Lampu sinar ultraviolet sesuai dengan petunjuk produsennya memerlukan penggantian setelah pemakaian 2000 jam. Air yang keluar dari sterilisator ultra violet merupakan air hasil olahan sudah bebas dari bakteri. Rangkaian ultraviolet dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Sterilisator ultra violet

4. UNJUK KERJA

4.1. Hasil Pengolahan

Reaktor biofilter anaerob-aerob mampu mengolah air limbah 3 m³/hari dan air hasil olahannya ditampung dalam bak penampung antara selanjutnya dilakukan pengolahan lanjutan dengan kapasitas olah 15 liter per menit (0,90 m³/jam). Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada pengolahan air limbah menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob terjadi penurunan konsentrasi BOD dari 212 mg/l menjadi 19 mg/l, COD dari 937 mg/l menjadi 44,34 mg/l, padatan tersuspensi (SS) dari 322 mg/l menjadi 18 mg/l, NH₄-N dari 37,23 mg/l menjadi 3,79 mg/l, deterjen (MBAS) dari 16,64 mg/l menjadi 2,83 mg/l dan fosfat (PO₄) dari 2,41 mg/l menjadi 1,27 mg/l. Dengan demikian maka efisiensi pengolahan yakni BOD 91 %, COD 95,3 %, suspended solids (SS) 94,1 %, (NH₄-N) 89,8 %, deterjen (MBAS) 83 %, dan efisiensi penghilangan fosfat (PO₄) yakni 47,3 %.

Dengan melalui pengolahan lanjutan konsentrasi BOD air olahan bioreaktor 19 mg/l dapat diturunkan menjadi 2 mg/l, COD dari 44,34 mg/l menjadi 4,67 mg/l, padatan tersuspensi (SS) dari 18 mg/l menjadi 5 mg/l, NH₄-N dari 3,79 mg/l menjadi 2,76 mg/l. Konsentrasi deterjen (MBAS) dari 2,83 mg/l menjadi 1,12 mg/l dan fosfat (PO₄) dari 1,27 mg/l menjadi 0,98 mg/l. Dengan demikian maka efisiensi pengolahan yakni BOD 89,5 %, COD 89,5 %, suspended solids (SS) 7,22 %, (NH₄-N) 27,2 %, deterjen (MBAS) 60,4 %, dan efisiensi penghilangan fosfat (PO₄) yakni 22,8 %.

4.2. Biaya Pengolahan

Proses pengolahan air limbah rumah tangga/ domestik secara komunal dengan menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob dan pengolahan lanjutan menjadi air bersih (daur ulang) dapat melayani sekitar 5 rumah tangga dan memerlukan tenaga listrik total sebesar 645 watt, dimana 275 watt untuk kebutuhan instalasi pengolahan air limbah dan 370 watt untuk pengolahan lanjutan. Instalasi pengolahan air limbah domestik dengan kapasitas 3 m³/hari membutuhkan blower udara 200 watt dan pompa sirkulasi membutuhkan 75 watt, sedangkan instalasi pengolahan lanjutan memerlukan pompa air baku 250 watt, pompa dosing 100 watt dan ultraviolet 20 watt

Instalasi pengolahan air limbah tersebut dioperasikan secara terus-menerus (24 jam/hari) maka kebutuhan daya listrik adalah sebesar 0,275 KW X 24 Jam/hari X 30 hari/bulan = 198 KWh per bulan. Jika harga listrik adalah Rp. 660,00 per KWh maka biaya listrik per bulan adalah Rp. Rp 130.680,00. Biaya per bulan untuk

pengolahan air limbah per m³ adalah = Rp. 130.680,00/ 3 m³ = Rp 43.560,00.

Instalasi daur ulang pengolahan air limbah dioperasikan 3 jam/hari pagi dan sore untuk kebutuhan siram tanaman, penggelontoran toilet dan cuci kendaraan, maka kebutuhan daya listrik adalah sebesar 0,370 KW X 3 Jam/hari X 30 hari/bulan = 33,3 KWh per bulan. Tarif listrik per KWh adalah Rp. 660,00, maka biaya listrik per bulan adalah Rp. Rp 21.978,00. Biaya per bulan untuk daur ulang air limbah per m³ adalah = Rp. 21.978,00 / 3 m³ = Rp 7.326,00. Instalasi pengolahan dan daur ulang air limbah tersebut mampu melayani 5 rumah tangga sehingga beban per rumah tangga per bulan adalah sebesar Rp. (43.560,00 + 7.326,00)/5 = Rp. 10.200,00.

5. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba instalasi daur ulang air limbah rumah tangga secara komunal dengan Kombinasi proses Biofilter Anaerob-Aerob” dan dilanjutkan dengan pengolahan lanjutan yang terdiri dari sesinfeksi, oksidasi, filtrasi dengan saringan pasir, mangan zeolit dan karbon aktif serta dilanjutkan dengan filtrasi skala mikro dengan cartridge filter dan sterilisasi menggunakan ultraviolet tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil pengolahan instalasi daur ulang limbah rumah tangga/ domestik dengan kapasitas 0,9 m³ per jam sudah memenuhi persyaratan untuk cuci kendaraan, siram tanaman dan flashing toilet
- Efisiensi proses daur ulang: BOD 99,05 %, COD 99,50 %, SS 98,44 %, Ammonia (NH₄-N) 92,59 %, Deterjen (MBAS) 93,27 % dan Fosfat (PO₄) 59,34 %.
- Biaya pengoperasian sebesar Rp. 10.200,00 per bulan per rumah tangga dengan total energi listrik sekitar 645 watt.
- Reaktor biofilter anaerob-aerob dan pengolahan lanjutan untuk daur ulang air limbah rumah tangga dapat dibuat dengan skala kecil (individual) ataupun skala besar sesuai dengan kebutuhan
- Untuk meningkatkan kualitas air bersih menjadi air siap minum diperlukan pengolahan lanjutan tingkat tiga yaitu menggunakan ultrafiltrasi dan reverse osmosis.

DAFTAR PUSTAKA

1. ----- " The Study On Urban Drainage And Waste Water Disposal Project In The City Of Jakarta", , JICA, December 1990.
2. -----, "Pekerjaan Penentuan Standard Kualitas Air Limbah Yang Boleh Masuk Ke

- Dalam Sistem Sewerage PD PAL JAYA", Dwikarasa Envacotama-PD PAL JAYA, 1995.
3. Bitton Gabriel, "Wastewater Microbiology" , John Wiley & Sons, Inc., New York 1994
 4. MetCalf And Eddy, " Waste Water Engineering", Mc Graw Hill 1978.
 5. Said, N.I., "Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Skala Individual Tangki Septik Filter Up Flow", Majalah Analisis Sistem Nomor 3, Tahun II, 1995.
 6. Viessman W, Jr., Hamer M.J., " Water Supply And Polution Control ", Harper & Row, New York, 1985.
 7. Waspola, "Kebijakan Nasional dalam Pembangunan Air Minum dan Penyehatan Lingkungan Berbasis Masyarakat" Dep. Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

LAMPIRAN

Tabel 1. Karakteristik air limbah rumah tangga di daerah Jakarta

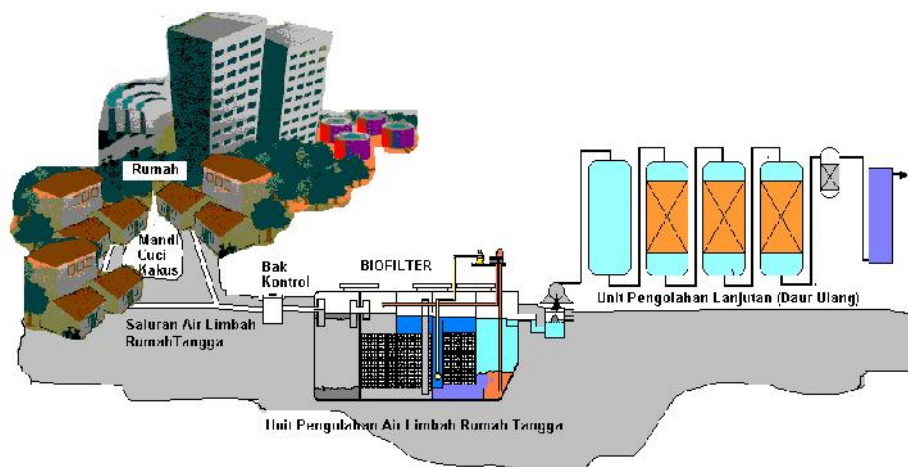
No	PARAMETER	KONSENTRASI	No	PARAMETER	KONSENTRASI
1	BOD - mg/l	27,61 - 190,59	10	Zat padat tersuspensi (SS) mg/l	17 - 239,5
2	COD - mg/l	138,68 - 591,24	11	Deterjen (MBAS) - mg/l	0,18 - 29,99
3	Angka Permanganat (KMnO ₄) - mg/l	64,6 - 256,49	12	Minyak/lemak - mg/l	0,8 - 12,7
4	Ammoniak (NH ₃) mg/l	12,5 - 63,62	13	Cadmium (Cd) - mg/l	nil
5	Nitrit (NO ₂ ⁻) - mg/l	0,017 - 0,031	14	Timbal (Pb)	nil - 0,01
6	Nitrat (NO ₃ ⁻) - mg/l	3,27 - 27,64	15	Tembaga (Cu) - mg/l	nil
7	Khlorida (Cl ⁻) - mg/l	32,52 - 57,94	16	Besi (Fe) - mg/l	0,29 - 1,15
8	Sulfat (SO ₄ ⁻) - mg/l	65,04 - 144,99	17	Warna - (Skala Pt-Co)	40 - 500
9	pH	6,06 - 6,99	18	Phenol - mg/l	0,11 - 1,84

Sumber : Disesuaikan dari PD PAL JAYA 1995.

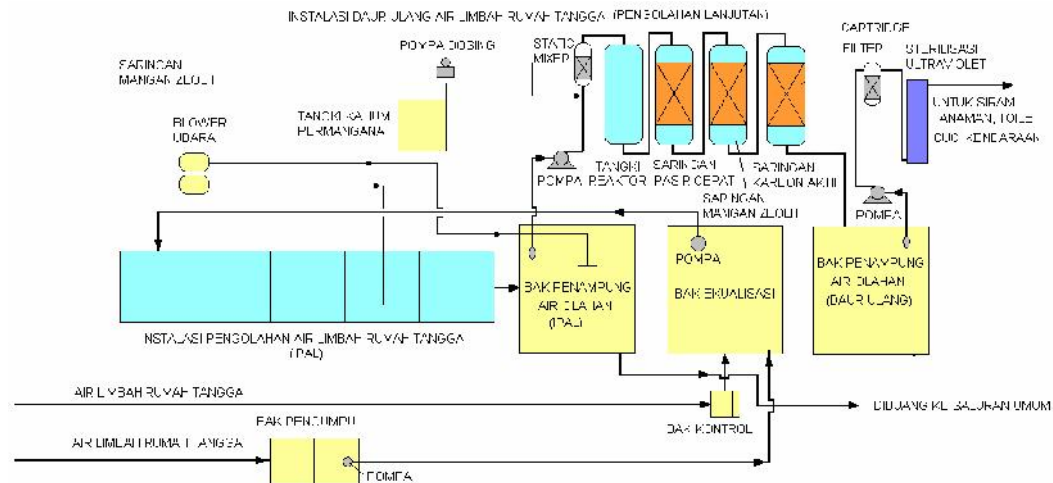
Tabel 2. Kualitas air limbah rumah tangga dan air hasil daur ulang serta efisiensi penghilangan

Lokasi Sampling	Konsentrasi polutan pada air limbah dan air hasil daur ulang serta efisiensi penghilangan											
	BOD		COD		TSS		NH ₄ -N		MBAS		PO ₄	
	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	mg/l	(%)
a	212	-	937	-	322	-	37,23	-	16,64	-	2,41	-
b	19	91	44,34	95,3	18	94,1	3,79	89,8	2,83	83	1,27	47,3
c	2	89,5	4,67	89,5	5	7,22	2,76	27,2	1,12	60,4	0,98	22,8
d		99,05		99,50		98,44		92,59		93,27		59,34

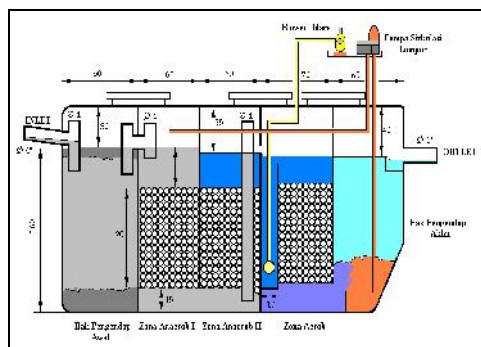
Keterangan (a) Air limbah rumah tangga (b) Air olahan dari reaktor biofilter (c) Air olahan dari pengolahan lanjutan (d) Efisiensi penghilangan



Gambar 8. Skema daur ulang air limbah domestik



Gambar 9. Diagram proses daur ulang limbah rumah tangga (domestik) dengan proses biofilter anaerob-aerob dan pengolahan lanjutan



Gambar 10. Rancangan biofilter anaerob-aerob



Gambar 11. Reaktor biofilter Anaerob-Aerob



Gambar 12. Pemasangan reaktor biofilter



Gambar 13. Reaktor biofiloter terpasang



Gambar 14. Pengolahan lanjutan



Gambar 15. Daur ulang limbah domestik

Spesifikasi Peralatan

A. Pompa air Limbah

Tipe	: Celup (<i>Submercible</i>)
Power	: 250 Watt/220 V
Head	: 11 m
Kapasitas	: 15 l/min
Jumlah	: 1 unit

B. Biofilter

Tipe	: Anaerob-aerob
Power	: 275 Watt/220 V
Jumlah ruang	: 5 ruang
Kapasitas	: 3 m ³ /hari
Ukuran	: 310 x 100 x 220 Cm
Bahan	: FRP
Kelengkapan	: Blower & pompa resikel
Jumlah	: 1 unit

C. Pompa Air Baku

Tipe	: Sentrifugal
Power	: 250 Watt/220 V
Tekanan	: 4 Bars (max)
Kapasitas	: 15 l/min
Suction Head	: 9 m
Discharge Head	: 40 m
Jumlah	: 1 unit

D. Pompa dosing

Tipe	: Chemtech 100/030
Sistem	: Stroke
Power	: 75 watt
Tekanan	: 7 Bars
Kapasitas	: 4.7 lt/ jam
Jumlah	: 1 unit

E. Static Mixer

Tipe	: Statis
Sistem	: Cross flow
Ukuran	: Ø 6" x 110 Cm
Jumlah	: 1 unit

F. Tangki Bahan Kimia

Volume	: 25 liter
Ukuran	: 50 cm x 25 cm x 10 cm
Material konstruksi	: FRP/PVC/SS
Kapasitas	: 50 liter
Kelengkapan	: Injektor
Jumlah	: 1 unit

G. Reaktor Oksidasi

Tipe	: Tabung
Sistem	: Oksidasi
Ukuran	: Ø 20" x 170 Cm
Jumlah	: 1 unit

H. Tangki Reaktor Oksidasi

Kapasita	: 0,5 – 1 M3/jam
Ukuran	: 63 cm x 120 cm
Material konstruksi	: FRP
Tekanan	: 4 Bar
Inlet/Outlet	: 1 "
Kelengkapan	: Static Mixer
Jumlah	: 1 unit

I. Saingan Pasir Cepat

Tekanan	: 4 Bar
Kapasitas	: 1.4 – 1.8 m3 / jam
Ukuran	: Ø 10 inchi x 120 cm
Material	: FRP/PVC/SS
Inlet/outlet	: 1 "
Sistem	: Manual
Media	: Pasir silika
Media penyangga	: Gravel
Jumlah	: 1 unit

J. Saringan Mangan Zeolit

Tekanan	: 4 Bars
Kapasitas	: 1.4 – 1.8 m3 / jam
Ukuran	: Ø 10 inchi x 120 cm
Material	: FRP/PVC/SS
Inlet/outlet	: 1 "
Sistem	: Manual
Media	: Manganese Zeolit
Media penyangga	: Gravel
Jumlah	: 1 unit

K. Saringan Karbon Aktif

Tekanan	: 4 Bars
Kapasitas	: 1.4 – 1.8 m3 / jam
Ukuran	: Ø 10 inchi x 120 cm
Material	: FRP/PVC/SS
Inlet/outlet	: 1 "
Sistem	: Manual
Media	: Karbon aktif
Media penyangga	: Gravel
Kelengkapan	: unit regenerasi
Jumlah	: 1 unit

H. Filter Cartridge

Tekanan	: 3 Bars
Kapasitas	: 30 Liter/menit
Ukuran	: Ø 12 cm x 55 cm
Material	: Plastic
Inlet outlet	: 1 "
Jumlah	: 2 buah

I. Sterilisator Ultra Violet

Tekanan	: 3 Bars
Power	: 20 watt
Kapasitas	: 30 Liter/menit
Ukuran	: 20cm x 20 cm x 120 cm
Jumlah	: 1

Data Penulis

WAHYU WIDAYAT, lahir di Semarang, 2 Juli 1967. Lulus sarjana Teknik Kimia ITS tahun 1993. Sejak tahun 1994 sampai dengan sekarang, bekerja sebagai peneliti pada Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Teknologi Lingkungan Kedeputian Teknologi Pengelolaan Sumber Daya Alam, BPP Teknologi